

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nl gung schrift
10 DE 196 39 297 A 1

51 Int. Cl.⁶:
B22D 11/12

21 Aktenzeichen: 196 39 297.7
22 Anmeldetag: 25. 9. 96
43 Offenlegungstag: 28. 3. 98

DE 196 39 297 A 1

71 Anmelder:
SMS Schloemann-Siemag AG, 40237 Düsseldorf, DE
74 Vertreter:
Hammerich, Müller & Partner, 57072 Siegen

72 Erfinder:
Pleschlutschnigg, Fritz-Peter, Prof. Dr., 47289
Duisburg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Verfahren und Vorrichtung für Hochgeschwindigkeits-Stranggießanlagen mit einer Strangdickenreduktion während der Erstarrung

57 Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung für das Stranggießen zur Erzeugung von Strängen, deren Querschnitt während der Erstarrung reduziert wird, wobei vorzugsweise in eine oszillierende Kokille gegossen und der Strangquerschnitt linear über eine Mindestlänge der Strangführung unmittelbar unterhalb der Kokille, dem Gießwalzen, reduziert wird, mit sich anschließender weiterer Strangquerschnittsreduktion über die restliche Strangführung, dem "soft reduction", bis maximal unmittelbar vor die Enderstarrung bzw. Sumpfspitze, läßt sich eine kritische Deformation des Stranges unter Berücksichtigung der Gießgeschwindigkeit sowie auch der Stahlgüte ausschalten. Die Erfindung hat das Ziel, durch verfahrenstechnische Maßnahmen und einfache Vorrichtungsmerkmale die Deformationsdichte der Strangquerschnittsreduktion so vorzugeben, daß die kritische Deformation der Strangschale unter Berücksichtigung der hohen Gießgeschwindigkeit und auch Stahlgüte nicht überschritten wird.

DE 196 39 297 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.88 802 013/449

14/22

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für Stranggießanlagen zur Erzeugung von Strängen, deren Querschnitt während der Erstarrung reduziert wird.

Es ist bekannt, daß die Stränge auf solchen Hochgeschwindigkeitsanlagen im allgemeinen mit einer Erstarrungsdicke zwischen 18 und 450 mm und Gießgeschwindigkeiten bis maximal 12 m/min hergestellt werden, z. B. auf Anlagen für das Gießen von Brammen, Vorblöcken und Knüppeln mit quadratischem oder rundem Profil, bei denen eine Reduktion des Strangquerschnittes vorzugsweise in Dickenrichtung nach seinem Austreten aus der Kokille während der Erstarrung vorgenommen wird.

Diese Technologie des Gießwalzens von Dünnbrammen bzw. Rund-Knüppeln ist durch die Patentschriften DE 44 03 048 und DE 44 03 049 bzw. DE 41 39 242 bekanntgeworden; im Falle von Dünnbrammen wird sie zudem auch in Produktionsstiften täglich angewendet.

So wird z. B. eine Dünnbramme mit einer Dicke von bspw. 65 auf 40 mm im Segment 0, das direkt unter der Kokille angeordnet ist, reduziert. Diese Strangdickenreduktion um 25 mm oder 38,5% kann für bestimmte innenrißempfindliche Stahlgüten qualitativ von Nachteil sein. So kann die Stranginnendeformation, bedingt durch die Strangdickenreduktion oder auch Gießwalzen genannt, zum Auslöser von Innenrisen sein, da die kritische Deformation des Werkstoffes an der inneren Strangschale flüssig/fest, aber auch an der äußeren Strangschale überschritten wird.

Diesem Beispiel liegt ein 2 m langes Kreisbogen-Segment 0 zugrunde, das keine Biegearbeit oder Biegedeformation in die Strangschale einbringt. Die Umformgeschwindigkeit der Strangschale beim Gießwalzen während der Erstarrung, die ein Maß für die Strangdeformation darstellt, beträgt hier 1,25 mm/s mit einer Gießgeschwindigkeit von 6 m/min. Dieser Wert der Umformgeschwindigkeit steigt bei einer Gießgeschwindigkeitserhöhung auf z. B. 10 m/min auf 2,08 mm/s an, womit er sehr kritisch wird. Solche allein durch das Gießwalzen hervorgerufenen Innendeformationen werden nicht nur für die Tiefzieh-Stahlgüten, die relativ unempfindlich gegen Innendeformationen sind, sondern vor allem für empfindliche Stähle wie mikro-legierte APX - 80 Güten kritisch.

Die durch das Gießwalzen hervorgerufene Deformation kann sich außerdem bei Senkrecht-Abbiegeanlagen, bei denen normalerweise im Segment unter der Kokille gleichzeitig eine Biegung des Stranges erfolgt, noch durch die in den Strang eingebrachte Biegedeformation stark überhöhen, wodurch die Gefahr der Überschreitung der kritischen Deformation und damit der Ribbildung nochmals vergrößert wird.

Die vorbeschriebenen Erkenntnisse und Zusammenhänge vorausschauend, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, durch verfahrenstechnische Maßnahmen und einfache Vorrichtungsmerkmale die Deformationsdichte der Strangquerschnittsreduktion so vorzugeben, daß die kritische Deformation des Stranges unter Berücksichtigung der Gießgeschwindigkeit und auch Stahlgüte nicht überschritten wird. Die Erfindungsmerkmale gelten für alle im Strang gegossenen Formate und auch für alle Typen von Stranggießanlagen und beschreiben mit dem Verfahrensanspruch 1 und seinen Unteransprüchen sowie mit dem Vorrichtungsanspruch und seinen Unteransprüchen die Erfindung.

Die folgende erfindungsgemäße, unerwartete Lösung zur Erreichung des oben beschriebenen Zieles wird am Beispiel einer Dünnbramme näher erläutert, wobei die Erfindung im besonderen für das Gießen von Dünnbrammen mit einer Dicke zwischen 60 und 120 mm nach der Erstarrung, d. h. die Dicke der Bramme im Kantenbereich beträgt am Kokillenaustritt z. B. minimal 70 und maximal 160 mm, in Betracht gezogen wird. Die Reduktion der Strangdicke, die normalerweise zwischen der Oberseite und der Unterseite einer Strangführung stattfindet, beträgt nach dem Stand der Technik heute unter Versuchsbedingungen maximal 60%, hier wird eine 50 mm dicke Bramme auf ca. 20 mm über eine Walzspaltlänge von ca. 200 mm reduziert, und unter Produktionsbedingungen maximal 38,5%, hier wird der Strang von 65 auf 40 mm über die Länge des Segmentes 0 von ca. 2 m, das unterhalb der Kokille angeordnet ist, reduziert. In beiden Fällen liegt eine maximale Gießgeschwindigkeit von 6 m/min vor.

Die Beschreibung der Erfindung basiert beispielhaft auf einer Dünnbramme mit einer Dicke von 100 mm am Kokillenaustritt und einer Erstarrungsdicke von 80 mm. Die Erfindung schlägt nun eine Art der Verteilung und die Realisation der Strangdickenreduktion während der Erstarrung der Dünnbramme im Strangführungsgerüst für die beispielhaften Gießgeschwindigkeiten von 6 und 10 m/min vor.

In den Tabellen 1 und 1.1 sind die wesentlichen Prozeß- und Vorrichtungsdaten der Erfindung dem Stand der Technik gegenübergestellt. Die Tabelle 1 stellt die Daten für Gießgeschwindigkeiten von 6 m/min und die Tabelle 1.1 für Geschwindigkeiten von 10 m/min dar.

In beiden Tabellen wird die Gesamt-Reduktion der Dicke des Stranges von 20 mm während der Erstarrung in seiner Verteilung zwischen dem Segment 0 und dem Rest der Strangführung, den Segmenten 1 bis maximal 13, variiert. Der Stand der Technik stellt sich in den Tabellen durch eine Gesamtreduktion der Strangdicke von 20 mm, durchgeführt allein im Segment 0, dar (vgl. die Ziffern 19 bis 22 in Spalte 1). Hier wird deutlich, daß sich die Reduktionsgeschwindigkeit des Stranges im 3 m langen Segment 0, ausgelöst durch die Strangdickenreduktion oder das Gießwalzen, und damit funktional die Strangschalendeformation von 0,67 auf 1,11 mm/s bei einer Gießgeschwindigkeitserhöhung von 6 m/min auf 10 m/min erhöht.

Die Ziffern 19-22 und 23-28, Spalten 2, 3 und 4 und Ziffern 29-34 stellen nun die erfindungsgemäße Lösung dar, die eine starke Senkung der Deformationsdichte der Strangschale durch eine Umverteilung der Gesamtdickenreduktion von 20 mm zwischen dem Segment 0 und den Segmenten 1-n, das auch als "soft reduction" bezeichnet werden kann, bewirken. Diese Umverteilung wird an Hand folgender Beispiele näher erläutert:

- 15 mm im Segment 0 und 5 mm in den Segmenten 1-n, Ziffern 19-28, Spalte 2;
- 10 mm im Segment 0 und 10 mm in den Segmenten 1-n, Ziffern 19-28, Spalte 3;
- 5 mm im Segment 0 und 15 mm in den Segmenten 1-n, Ziffern 19-28, Spalte 4;

- 20 mm in den Segmenten 0 bis n, Ziffern 29—34.

So kann nun die Reduktionsgeschwindigkeit und damit die funktionale Deformationsdichte der Strangschale bei 20 mm Gesamt-Dickenreduktion und 10 m/min Gießgeschwindigkeit von

- 1,11 mm/s, 20 mm im Segment 0, Stand der Technik, Ziffer 21, Spalte 1 auf
- 0,114 mm/s, 20 mm in den Segmenten 0 bis 13, Ziffer 33

abgesenkt werden. Mit Verlagerung eines Teiles der Dickenreduktion vom Segment 0 in die Segmente 1 bis 13 oder 1 bis n — je nach Gießgeschwindigkeit — wird allerdings die einzubringende Arbeit in den Strang mit wachsender Strangschalendicke größer. Die Erfindung berücksichtigt daher, daß eine optimale Verteilung der Gesamt-Dickenreduktion in der gesamten Strangführung zwischen dem Segment 0 und dem Segment n, das bis unmittelbar hinter der Enderstarrung reicht, die Strangschalendicke auch mit einbezieht. Diese Berücksichtigung wird durch eine Quadrat-Wurzel Funktion über die Erstarrungszeit in vorteilhafter Weise entweder im Bereich der Segmente 1 bis n, soft reduction, oder im Bereich der Segmente 0 bis n, soft reduction, erreicht.

Die Fig. 1 bis 7 verdeutlichen die Erfindung im Detail im Vergleich zum Stand der Technik.

Die Fig. 1 mit den Bildern 1 und 2 stellt schematisch die Situation eines Stranges mit einer Dicke in der Kokille von 100 mm und einer Erstarrungsdicke von 80 mm für eine Gießgeschwindigkeit von 10 m/min und einer Gesamt-Strangdickenreduktion von 20 mm nur im Segment 0, Gießwalzen, (Bild 1) bzw. 10 mm im Segment 0, Gießwalzen, und 10 mm in den Segmenten 1 bis 13, "soft reduction", (Bild 2) dar. Weiterhin wird der Strang in der Maschine mit seinen Stahlphasen gezeigt, wie

- der Überhitzungsphase (1), der reinen Schmelzphase oder auch Penetrationszone genannt mit ihrem tiefsten Liquiduspunkt (1.1),
- dem 2-Phasengebiet, Schmelze/Kristall (2) mit seinem tiefsten Soliduspunkt, der Sumpfspitze (2.1) nach 30 m Strangführung, die aus einer ca. 1,2 m langen Kokille, einem 3 m langem Segment 0 und den Segmenten 1 bis 13 mit einer Länge von insgesamt 26 m besteht und
- der festen Phase oder Strangschale (3).

Die reine Schmelzphase oder auch Penetrationszone liegt im Bereich des Segmentes 0, in dem eine Strangdickenreduktion oder das Gießwalzen von 2×10 mm oder 20 mm und keine weitere in den Folgesegmenten 1 bis 13, — Beschreibung des Stands der Technik (Bild 1) —, bzw. von 2×5 mm oder 10 mm, Gießwalzen, und weiteren 10 mm in den Folgesegmenten 1 bis 13, "soft reduction", Teil der Erfindung (Bild 2), vorgenommen wird. Die Reduktion der Strangdicke im Segment 0, das z. B. als Zangensegment mit zwei Klemmvorrichtungen, z. B. hydraulischen Zylindern (14), am Segmentausgang ausgebildet ist, wird über eine Länge von 3 m linear vorgenommen; die Reduktion im Bereich der Segmente 1—13 kann partiell pro Segment, aber auch über alle Segmente sowohl linear als auch nicht linear, d. h. zum Beispiel einer Quadrat-Wurzel folgend, erfolgen. Im Bild 2 ist die Strangdickenreduktion von 10 mm in den Segmenten 1—13, "soft reduction" — linear verteilt.

Die Reduktionsgeschwindigkeit in mm/s der Strangschale, die ein Maß für die Strangschalendeformation darstellt, kann im Fall der Erfindung (Bild 2) im Vergleich zum Stand der Technik (Bild 1) wesentlich verringert werden, wie die folgenden Werte zeigen

- Stand der Technik, Bild 1:
Segment 0, Reduktion 20 mm, Gießwalzen, Reduktionsgeschwindigkeit 1,11 mm/s;
Segmente 1—13, Reduktion 0 mm, kein "soft reduction", Reduktionsgeschwindigkeit 0
- Erfindung, Bild 2:
Segment 0, Reduktion 10 mm, Gießwalzen, Reduktionsgeschwindigkeit 0,56 mm/s;
Segmente 1—13, Reduktion 10 mm, soft reduction, Reduktionsgeschwindigkeit 0,064 mm/s.

Die Verteilung der Strangdickenreduktionen zwischen dem Segment 0 und den Folgesegmenten 1—13 kann nun optimal, hinsichtlich der möglichen Strangdeformation unter Vermeidung von Innen- und Oberflächenrissen und der minimal einzubringenden Arbeit zur Strangdickenreduktion, die mit der Dicke der Strangschale anwächst, gewählt werden.

Dieser Verteilungseffekt auf die Reduktionsgeschwindigkeit und damit auf die Strangschalenbelastung ist in den Tabellen 1 und 1.1 angegeben sowie in den Fig. 2 und 3 dargestellt. Die Fig. 2 zeigt die Reduktion der Strangdicke in mm/m Strangführung für eine Gesamt-Dickenabnahme von 20 mm in Abhängigkeit von unterschiedlichen Abnahmen im Segment 0 und der jeweils entsprechenden komplementären Dickenabnahme in den Segmenten 1—13 für die Stranggießgeschwindigkeiten von 6 und 10 m/min. Bei einer linearen Verteilung der Gesamt-Reduktion von 20 mm über alle Segmente 0 bis 8 oder 13 stellen sich Werte bei der Dickenreduktion (RL-6) und (RL-10) und Reduktionsgeschwindigkeit (RS-6) und (RS-10) von

- 1,168 mm/m Strangführung (RL-6) und 0,117 mm/s (RS-6) bei 6 m/min Gießgeschwindigkeit bzw.
- 0,685 mm/m Strangführung (RL-10) und 0,114 mm/s (RS-10) bei 10 m/min Gießgeschwindigkeit

ein, die die geringste Deformationsdichte aufweisen, allerdings einen maximalen Aufwand an Arbeit verlangen und einen "soft reduction" Vorgang über die gesamte Strangführung ergeben. Zwischen diesem Extrem, der Gesamtreduktion von 20 mm im Segment 0 und der Reduktion gleichförmig über die Strangführung im Segment 0 bis kurz hinter der Enderstarrung des Stranges verteilt, setzt die Erfindung mit ihren Ansprüchen an.

Die Fig. 4 stellt wie Fig. 1 schematisch die Situation eines Stranges mit einer Dicke in der Kokille von 100 mm und einer Erstarrungsdicke von 80 mm für die Gießgeschwindigkeiten VG von 6 m/min, Bild 3, und von 10 m/min, Bild 4 vergleichend gegenüber. Im Falle von VG 6 m/min wird erfindungsgemäß die Strangdickenreduktion von z. B. 10 mm im Segment 0 und von den restlichen 10 mm in den Segmenten 1 bis 8, entsprechend des kürzeren Erstarrungsweges, vorgenommen. So befindet sich der tiefste Liquidus-Punkt (1,2) bei bereits ca. 1,8 m und die Sumpfspitze (2,2) bei ca. 18,12 m. Da die Reduktion der Strangdicke maximal über 18,12 m verläuft und gleichzeitig die Bänderstarrung mit erfassen soll, werden die Segmente 1 bis 8 für die Reduktion der Dicke genutzt. Das Bild 4 in Fig. 4 stellt wie das Bild 2 in Fig. 1 die Situation des Stranges bei einer Gießgeschwindigkeit von VG 10 m/min dar.

Der Vergleich der erfindungsgemäßen Gießsituationen, dargestellt in den Bildern 3 und 4 in Fig. 4 führt zu folgenden Werten der Reduktionsgeschwindigkeiten und damit Strangschalenbelastungen:

— 6 m/min, Bild 3 in Fig. 4, Erfindungsbeispiel, Segment 0, Reduktion 10 mm, Reduktionsgeschwindigkeit 0,33 mm/s, Gießwalzen;

Segmente 1—8, Reduktion 10 mm, Reduktionsgeschwindigkeit 0,071 mm/s, soft reduction,

— 10 m/min Bild 4 in Fig. 4, Erfindungsbeispiel, Segment 0, Reduktion 10 mm, Reduktionsgeschwindigkeit 0,56 mm/s, Gießwalzen;

Segmente 1—13, Reduktion 10 mm, Reduktionsgeschwindigkeit 0,064 mm/s, soft reduction.

Dieser Vergleich macht deutlich, daß die Verteilung der Dickenreduktion auch eine Frage der Gießgeschwindigkeit ist und daß, entsprechend der Lage der Sumpfspitze, d. h. der Gießgeschwindigkeit, die Dickenreduktion und ihre Verteilung in den Segmenten 1 bis n bzw. 0 bis n einer optimalen Gießsituation bezüglich der Gießsicherheit und der Strangqualität anzupassen ist.

In der Fig. 5 ist die Wirkung einer Verteilung der Strangdickenreduktion im Segment 0 und in den Segmenten 1 bis 13 im Sinne der Erfindung (Bild 6) am Beispiel einer Senkrecht-Abbiegemaschine, Fig. 6, gegenüber dem Stand der Technik (Bild 5), auf die Stranginnendeformation, hervorgerufen durch die Biegedeformationen und die Strangdickenreduktion, in Abhängigkeit von der Strangführung für die maximale Gießgeschwindigkeit von beispielsweise 10 m/min dargestellt.

Das den Stand der Technik wiedergebende Bild 5 in Fig. 5 stellt die Stranginnendeformation in Abhängigkeit von der Strangführung für die beispielsweise maximale Gießgeschwindigkeit (VG-10) von 10 m/min gegenüber der Grenzdeformation (D-Gr) dar. Am Ausgang der Kokille erfährt der Strang im Segment 0 sowohl eine Deformation, hervorgerufen durch das Gießwalzen (D-Gw) im Segment 0, als auch eine Deformation, verursacht durch den Biegevorgang (D-B). Beide Deformationen überlagern sich zur Gesamtdeformation (D-Ge), die größer wird als die Grenzdeformation (D-Gr) und damit kritisch wird. Das Überschreiten der Grenzdeformation führt zu Innenrisen an der Phasengrenze fest/flüssig und damit zur Qualitätsminderung des Stranges und zur Senkung der Gießsicherheit. Eine weitere Erhöhung der Innendeformation (D) erfährt der Strang durch die Deformation (D-R) bei seiner Rückbiegung im Segment 4 aus dem inneren Kreisbogen in die Horizontale, die allerdings nicht kritisch werden kann, da die Anzahl der Rückbiegepunkte beim "design" der Anlage so gewählt wird, daß der Rückbiegevorgang bei maximaler Gießgeschwindigkeit keine kritische Innendeformation in der Strangschale der rißempfindlichsten Stahlgüte auslösen kann.

Das Bild 6 in Fig. 5 stellt die verfahrenstechnischen Merkmale der Erfindung am Beispiel einer Senkrecht-Abbiegeanlage, Fig. 6, schematisch dar. Die Innendeformation (D) der Strangschale (3) wird in keinem Moment der Erstarrung, d. h. vom Kokillenausgang bis zum Ende des Gerüsts 13 kritisch. Dies ist durch die Verteilung der Gesamt-Strangdickenreduktion von 20 mm auf beispielsweise 10 mm im Segment 0 (D-Gw) und 10 mm in den Gerüsten 1 bis 13 (D-SR) erfindungsgemäß sichergestellt. Außerdem ist der Biegevorgang und die damit verbundene Deformation (D-B) aus dem Segment 0 in das Segment 1 gelegt, um die zwar gesenkte aber noch relativ hohe Deformationsdichte (D-Gw) im Segment 0, hervorgerufen durch das Gießwalzen von zum Beispiel 10 mm, nicht noch zusätzlich zu erhöhen. Die in den Segmenten 1 bis 13 erzeugte Deformation (D-SR), hervorgerufen durch das "soft reduction" von insgesamt z. B. 10 mm, ist relativ klein und führt zu keiner praktischen Erhöhung der Deformation (D-R) bei der Rückbiegung des Stranges im Segment 4, d. h. (D-Ge) ist ungefähr größer/gleich (D-R).

Die Fig. 6 zeigt eine Senkrecht-Abbiegeanlage, an der die Erfindung beispielhaft angewendet werden kann, für das Gießen von 100 mm dicken Brammen am Kokillenaustritt mit einer Erstarrungsdicke von 80 mm und maximal VG 10 m/min. Diese Anlage weist die in den Fig. 1—5 beschriebenen verfahrenstechnischen Merkmale auf. Die Stranggießanlage besteht neben einem Verteiler (V) und einem Tauchausguß (Ta) aus

— einer ca. 1,2 m langen Senkrecht-Kokille (K), die vorzugsweise in horizontaler Richtung konkav ausgebildet ist,

— einem 3 m langem Segment 0, das für das Gießwalzen oder auch die Strangdickenreduktion vorzugsweise als Zangensegment ausgerüstet und mit zwei hydraulischen Zylindern (14) an seinem Ausgang versehen ist,

— dem Segment 1 mit fünf Biegepunkten (23),

— den Segmenten 2 und 3 mit dem inneren Kreisbogen von ca. 4 m Radius,

— dem Segment 4 zum Rückbiegen des Stranges vom inneren Kreisbogen über fünf Rückbiegepunkte (24) in die Horizontale und

— den Segmenten 5 bis 13 im horizontalen Bereich der Maschine.

Diese Maschinenkonfiguration mit einer maximalen Gießgeschwindigkeit von 10 m/min und einer maximalen

Kapazität von ca. 3 mio t/a stellt eine äußerst vorteilhafte Lösung bei der Anwendung der Erfindung dar, bei der eine minimale Deformationsdicke des Stranges während seiner Erstarrung auftritt.

Um die Art der Strangdickenreduktion im Sinne der Erfindung mit den beschriebenen Segmenten 1 bis 13 vorteilhaft realisieren zu können, sollten die Segmente im Prinzip wie in Fig. 7 dargestellt aufgebaut sein. Ein Segment sollte vorzugsweise aus einer ungeraden Anzahl von 3, 5, 7 oder 9 Rollenpaaren (15), bestehend aus 5 Unter- (16) und Oberrolle (17), aufgebaut sein. Jedes Segment besteht wiederum abwechselnd aus einem angetriebenen Rollenpaar (18), das mit einem Hydrauliksystem (19) positions- und kraftgeregt wird, und zwei mit einem Hydrauliksystem (20) im Bereich der Oberrollen (17) verbundenen nicht angetriebenen Rollenpaaren (21), die mit einem Maschinenelement (22) versehen sind, das es erlaubt, das Rollenpaar der Oberbahn in Gießrichtung um einen Winkel von z. B. $\pm 5^\circ$ pendeln zu lassen, um in jeder Gießsituation bei vorgegebener 10 Strangdickenabnahme den Strang bei Sicherstellung seiner Form führen zu können.

Dieser Aufbau der Segmente 1 bis 13 führt zu einer optimalen Strangführung bei jeder Art der Verteilung der Strangdickenreduktion, jeder Gießsituation, jeder Art von Stahlgüte, hinsichtlich ihrer Innenrißempfindlichkeit, d. h. Höhe der kritischen Deformationsgrenze und bezüglich des Einsatzes eines Minimums an hydraulischen Systemen pro Rollenpaar. So kommen 0,66 hydraulische Systeme pro Rollenpaar zum Einsatz. Auch stellt der 15 Einsatz an angetriebenen Rollenpaaren von 0,33 Einheiten pro Rollenpaar ein maschinenbauliches Minimum bei maximaler verfahrenstechnischer und qualitativer Wirkung auf den zu gießenden Strang und seine Oberflächen- und Innenqualität dar, d. h. zum Beispiel ein minimaler Aufbau und eine minimierte Kumulation von Zugspannungen in der Strangschale zwischen den angetriebenen Rollenpaaren.

Die Erfindung wurde am Beispiel einer Dünnbrammenanlage beschrieben, kann jedoch hinsichtlich des 20 Verfahrens und der Vorrichtung auch auf andere Stranggießanlagen entsprechend übertragen werden, wie

- Brammenanlagen,
- Vorblockanlagen,
- Knüppelanlagen für Quadrat- und Rund-Knüppel.

Tabelle 1

Gießgeschwindigkeit 6 m/min

| 5 | Spalte | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| | 1 Strangdicke | mm | 100 | | | | |
| | 2 Erstarrungsdicke | mm | 80 | | | | |
| 10 | 3 met. Länge der Kokille | m | 1 | | | | |
| | 4 Länge des Segmentes 0 | m | 3 | | | | |
| | 5 Länge der Segmente 1 - 13 | m | 26 | | | | |
| 15 | 6 Länge der ges. Strangführung | m | 30 | | | | |
| | 7 Erstarrungszeit | min | 3,02 | | | | |
| | 8 Erstarrungszeit | s | 181,2 | | | | |
| 20 | 9 Gießgeschwindigkeit | m/min | 6,0 | | | | |
| | 10 metallurgische Länge des Stranges | m | 18,12 | | | | |
| | 11 Erstarrungszeit, Eintritt Segm. 0 | min | 0,167 | | | | |
| | 12 Erstarrungszeit, Eintritt Segm. 0 | s | 10,0 | | | | |
| 25 | 13 Strangschalendicke, Eintritt Segm. 0 | mm | 9,4 | | | | |
| | 14 Verweilzeit des Stranges in Segm. 0 | min | 0,5 | | | | |
| | 15 Verweilzeit des Stranges in Segm. 0 | s | 30,0 | | | | |
| 30 | 16 Erstarrungszeit, Austritt Segm. 0 | min | 0,667 | | | | |
| | 17 Erstarrungszeit, Austritt Segm. 0 | s | 40,02 | | | | |
| | 18 Strangschalendicke, Austritt Segm. 0 | mm | 18,78 | | | | |
| 35 | 19 Dickenreduktion in Segment 0 | mm | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 |
| | 20 Dickenreduktion in Segment 0 | % | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 |
| | 21 Reduktionsgeschwindigkeit | mm/s | 0,67 | 0,5 | 0,33 | 0,17 | 0 |
| 40 | 22 Reduktion / Meter Strangführung | mm/m | 6,67 | 5,0 | 3,33 | 1,67 | 0 |
| | 23 Soft reduction in Segment 1-n(8) | mm | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 45 | 24 Zeit für restliche Erstarrung | min | | | 2,353 | | |
| | 25 Zeit für restliche Erstarrung | s | | | 141,18 | | |
| | 26 Soft reduction-Geschwindigkeit | mm/s | 0 | 0,035 | 0,071 | 0,106 | 0,14 |
| | 27 metallurgische Länge der Rest-Erstarrung | m | | | 14,12 | | |
| 50 | 28 Soft reduction/Meter Rest-Erstarrung | mm/m | 0 | 0,35 | 0,71 | 1,062 | 1,42 |
| | 29 Soft reduction, Segment 0 - n (8) | mm | | | 20 | | |
| 55 | 30 Zeit der Erstarrung in den Segm. 0 - n | min | | | 2,853 | | |
| | 31 Zeit der Erstarrung in den Segm. 0 - n | s | | | 171,18 | | |
| | 32 metallurgische Länge, Segm. 0 - n | m | | | 17,12 | | |
| | 33 Soft reduction - Geschw., Segm. 0 - n | mm/s | | | 0,117 | | |
| 60 | 34 Soft reduction/Meter Erstarrung, Segm. 0-n | mm/m | | | 1,168 | | |

65

Tabelle 1.1

Gießgeschwindigkeit 10 m/min

| Spalte | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 1 Strangdicke | mm | 100 | | | | | |
| 2 Erstarrungsdicke | mm | 80 | | | | | 10 |
| 3 met. Länge der Kokille | m | 1 | | | | | |
| 4 Länge des Segmentes 0 | m | 3 | | | | | |
| 5 Länge der Segmente 1 - 13 | m | 20 | | | | | |
| 6 Länge der ges. Strangführung | m | 30 | | | | | 15 |
| 7 Erstarrungszeit | min | 3,02 | | | | | |
| 8 Erstarrungszeit | s | 181,2 | | | | | |
| 9 Gießgeschwindigkeit | m/min | 10,0 | | | | | 20 |
| 10 metallurgische Länge des Stranges | m | 30,20 | | | | | |
| 11 Erstarrungszeit, Eintritt Segm. 0 | min | 0,10 | | | | | |
| 12 Erstarrungszeit, Eintritt Segm. 0 | s | 6,0 | | | | | 25 |
| 13 Strangschalendicke, Eintritt Segm. 0 | mm | 7,3 | | | | | |
| 14 Verweilzeit des Stranges in Segm. 0 | min | 0,3 | | | | | |
| 15 Verweilzeit des Stranges in Segm. 0 | s | 18,0 | | | | | |
| 16 Erstarrungszeit, Austritt Segm. 0 | min | 0,4 | | | | | 30 |
| 17 Erstarrungszeit, Austritt Segm. 0 | s | 24,0 | | | | | |
| 18 Strangschalendicke, Austritt Segm. 0 | mm | 14,55 | | | | | |
| 19 Dickenreduktion in Segment 0 | mm | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 | 35 |
| 20 Dickenreduktion in Segment 0 | % | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 | |
| 21 Reduktionsgeschwindigkeit | mm/s | 1,11 | 0,83 | 0,56 | 0,28 | 0 | |
| 22 Reduktion / Meter Strangführung | mm/m | 6,67 | 5,0 | 3,33 | 1,67 | 0 | 40 |
| 23 Soft reduction in Segment 1 - n (13) | mm | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | |
| 24 Zeit für restliche Erstarrung | min | | | 2,62 | | | 45 |
| 25 Zeit für restliche Erstarrung | s | | | 157,2 | | | |
| 26 Soft reduction - Geschwindigkeit | mm/s | 0 | 0,032 | 0,064 | 0,095 | 0,127 | |
| 27 metallurgische Länge der Rest-Erstarrung | m | | | 26,2 | | | |
| 28 Soft reduction / Meter Rest-Erstarrung | mm/m | 0 | 0,19 | 0,38 | 0,57 | 0,76 | 50 |
| 29 Soft reduction, Segment 0 - n (13) | mm | | | 20,0 | | | |
| 30 Zeit der Erstarrung in den Segm. 0 - n | min | | | 2,92 | | | 55 |
| 31 Zeit der Erstarrung in den Segm. 0 - n | s | | | 175,2 | | | |
| 32 metallurgische Länge, Segm. 0 - n | m | | | 29,2 | | | |
| 33 Soft reduction - Geschw., Segm. 0 - n | mm/s | | | 0,114 | | | 60 |
| 34 Soft reduction/Meter Erstarrung, Segm. 0 - n | mm/m | | | 0,685 | | | |

Bezugszeichenliste

1 Überhitzungsphase, reine Schmelzphase oder Penetrationszone,
 1.1 tiefster Liquiduspunkt bei 10 m/min Gießgeschwindigkeit,
 1.2 tiefster Liquiduspunkt bei 6 m/min Gießgeschwindigkeit,

2. 2-Phasengebiet Schmelze/Kristall,
 2.1 tiefster Soliduspunkt, Sumpfspitze bei 10 m/min Gießgeschwindigkeit,
 2.2 tiefster Soliduspunkt, Sumpfspitze bei 6 m/min Gießgeschwindigkeit,
 3. Strangschale,
 5 (D-Gr) Grenzdeformation,
 (Vg-10) Gießgeschwindigkeit von 10 m/min,
 (K) Kokille,
 (0) Segment 0,
 (1) Segment 1,
 10 (2)... Segment 2 usw.
 (13) Segment 13
 (D) Innendeformation der Strangschale,
 (D-Gw) Innendeformation beim Gießwalzen,
 (D-B) Innendeformation beim Biegen des Stranges,
 15 (D-Ge) Gesamt-Innendeformation, (d-Gw) + (D-B), (D-B) + (D-SR) oder (D-R) + (D-SR),
 (D-R) Innendeformation beim Rückbiegen des Stranges,
 (D-SR) Innendeformation beim "Soft Reduction",
 (RL-6) lineare Reduktion über die Segmente 0—13 von 1,168 mm/m bei 6 m/min,
 (RL-10) lineare Reduktion über die Segmente 0—13 von 0,685 mm/m bei 10 m/min,
 20 (RS-6) Reduktionsgeschwindigkeit bei linearer Reduktion über die Segmente 0—13 von 0,117 mm/s bei 6 m/min
 Gießgeschwindigkeit,
 (RS-10) Reduktionsgeschwindigkeit bei linearer Reduktion über die Segmente 0—13 von 0,114 mm/s bei
 10 m/min Gießgeschwindigkeit,
 (V) Verteiler,
 25 (Ta) Tauchausguß,
 14 hydraulische Zylinder am Ausgang vom Segment 0, positions- und kraftgeregelt,
 15 Rollenpaare, bestehend aus Ober- und Unterrollen,
 16 Unterrollen, fixiert,
 17 Oberrollen, beweglich und positions- und kraftgeregelt,
 30 18 angetriebenes Rollenpaar,
 19 hydraulisches System, positions- und kraftgeregelt für die angetriebenen Rollenpaare
 20 hydraulisches System, positions- und kraftgeregelt für die nicht angetriebenen Rollenpaare,
 21 2 nicht angetriebene Rollenpaare,
 22 Maschinenelement zum Pendeln der 2 benachbarten Oberrollen, eingebunden in das hydraulische System
 35 (20), des nicht angetriebenen Rollenpaares (21),
 23 Biegepunkte,
 24 Rückbiegepunkte oder Richtpunkte

Patentansprüche

- 40 1. Verfahren beim Stranggießen zur Erzeugung von Strängen, deren Querschnitt während der Erstarrung reduziert wird, dadurch gekennzeichnet, daß in eine insbesondere oszillierende Kokille gegossen und der Strangquerschnitt linear über eine Mindestlänge der Strangführung unmittelbar unterhalb der Kokille, dem
 45 Gießwalzen, reduziert wird, mit sich anschließender weiterer Strangquerschnittsreduktion über die restliche Strangführung, dem "soft reduction", bis maximal unmittelbar vor die Enderstarrung bzw. Sumpfspitze.
 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei rechteckigen Strangformaten der Querschnitt vorzugsweise durch eine Reduktion in Dickenrichtung reduziert wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Stranges bis maximal 60% der Strangdicke am Kokillenausgang reduziert wird.
 50 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise Dünnbrammen mit einer Erstarrungsdicke von 120 bis 50 mm dickenreduziert werden.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strangdicke beim Gießwalzen durch Aufteilung der Gesamtdickenreduktion in das Gießwalzen unmittelbar unterhalb der Kokille und die "soft reduction" in der restlichen Strangführung bei maximaler Gießgeschwindigkeit mit
 55 einer Geschwindigkeit kleiner als 1,25 mm/s reduziert wird.
 6. Verfahren nach einer der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mit einer maximalen Geschwindigkeit bis 12 m/min gegossen wird.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim "soft reduction" die Dicke linear über die Erstarrungslänge reduziert wird.
 60 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim "soft reduction" die Dicke nicht linear und vorzugsweise nach der Quadrat-Wurzel Funktion über die Erstarrungszeit reduziert wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Dickenreduktion vom Ausgang der Kokille bis maximal unmittelbar hinter die Sumpfspitze linear und stetig verläuft.
 65 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegung eines Stranges aus der Senkrechten in den inneren Kreisbogen einer Senkrecht-Abbiegestranggießanlage im Bereich des "soft reduction" vorgenommen wird.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Gießwalzen ausschließ-

lich in der senkrechten Strangführung durchgeführt wird, ohne daß der tiefste Liquiduspunkt bei maximaler Gießgeschwindigkeit aus der Strangführung heraustritt.

12. Stranggießanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, die folgende Elemente enthält,

- eine oszillierende Kokille (K),
- ein Segment 0, das den Strang in seinem Querschnitt über eine Länge von mindestens 1 m maximal um 40% linear reduziert,
- eine restliche Strangführung, die den Strang in seinem Querschnitt bis maximal unmittelbar hinter der Sumpfspitze (2.1) reduziert, ("soft reduction") und bei der
- die Gesamtreduktion des Strangquerschnittes im Segment 0 und in der restlichen Strangführung bis 60% ausgelegt ist.

13. Stranggießanlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zum Gießen von Rechteckformaten das Segment (0) und die folgenden Segmente (1–n) zur Querschnittsreduktion durch Reduktion der Strangdicke ausgelegt sind.

14. Stranggießanlage nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Segment 0 zur Reduktion der Strangdicke an seinem Ausgang mit zwei positions- und kraftgeregelten Klemmzylindern ausgestattet ist.

15. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Segment 0 zur Reduktion der Strandicke um maximal 100 mm ausgelegt ist.

16. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (1 bis n) in ihrer Strangdickenanstellung positions- und kraftgeregelt sind.

17. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Rollenpaare (15) pro Segment ungerade ist und mindestens drei beträgt.

18. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß jedes dritte Rollenpaar (18) angetrieben ist.

19. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberrollen der nicht angetriebenen Rollenpaare (21) mit einem positions- und kraftgeregeltem Klemmzylinder versehen sind.

20. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberrollen der nicht angetriebenen Rollenpaare (21) und ihr Zylinder (20) mit einer Vorrichtung (22) versehen sind, die ein Pendeln der Rollen um vorzugsweise $\pm 5^\circ$ in Gießrichtung zuläßt.

21. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Segment 0 senkrecht angeordnet ist und eine maximale Länge von 5 m aufweist.

22. Stranggießanlage nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Folgesegment (1) mindestens einen Biegepunkt (23) zum Biegen des Stranges aus der Senkrechten in einen Kreisbogen aufweist.

23. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem der Segmente (2 bis n) mindestens ein Rückbiegepunkt (24) zum Richten des Stranges aus dem Kreisbogen in die Horizontale vorgesehen ist.

24. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der horizontale Teil der Strangführung mindestens eine Länge von 4 m aufweist.

25. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Kokillenwände konkav ausgebildet sind.

26. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 12 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß zum Gießen ein Tauchausguß (Ta) und Gießpulver eingesetzt sind.

27. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Breitseiten der Kokille in horizontaler Richtung konkav ausgebildet sind und in ihrer Konkavität zum Kokillenausgang abnehmen.

28. Stranggießanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmalseiten der Kokille in horizontaler Richtung konkav ausgebildet sind.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

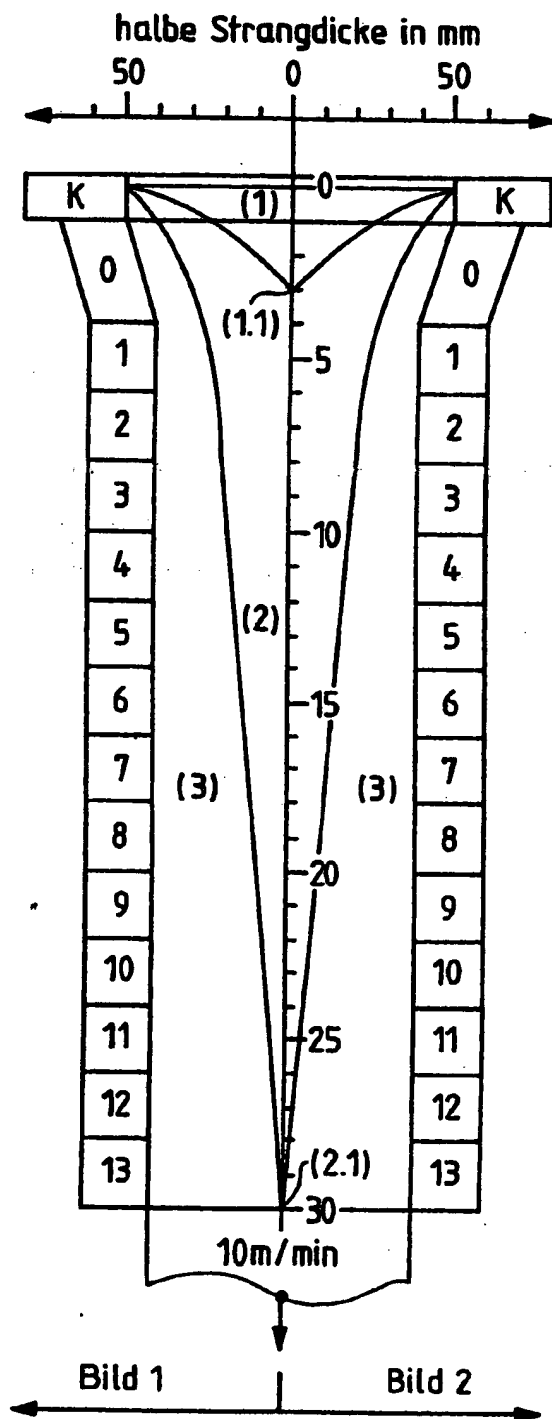


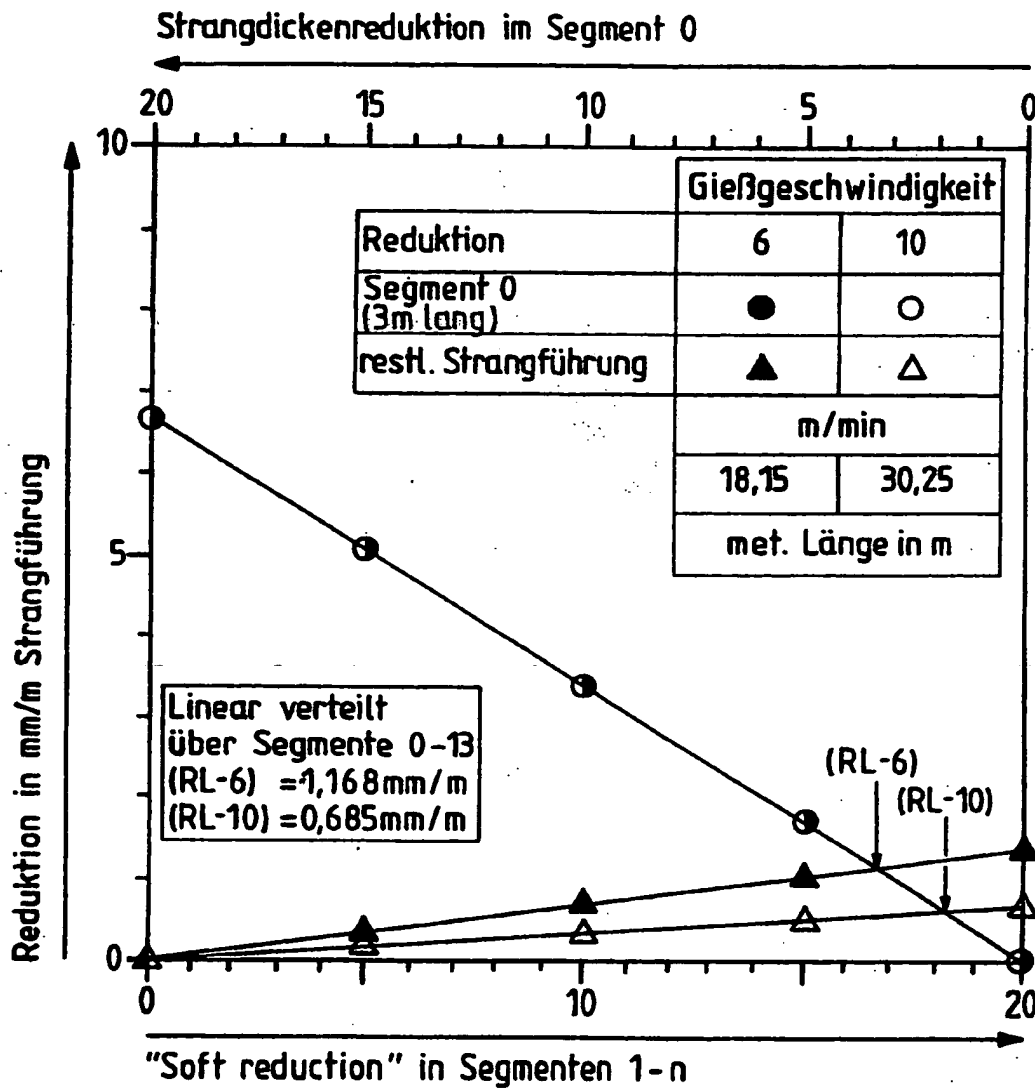
Fig. 2

Fig. 3

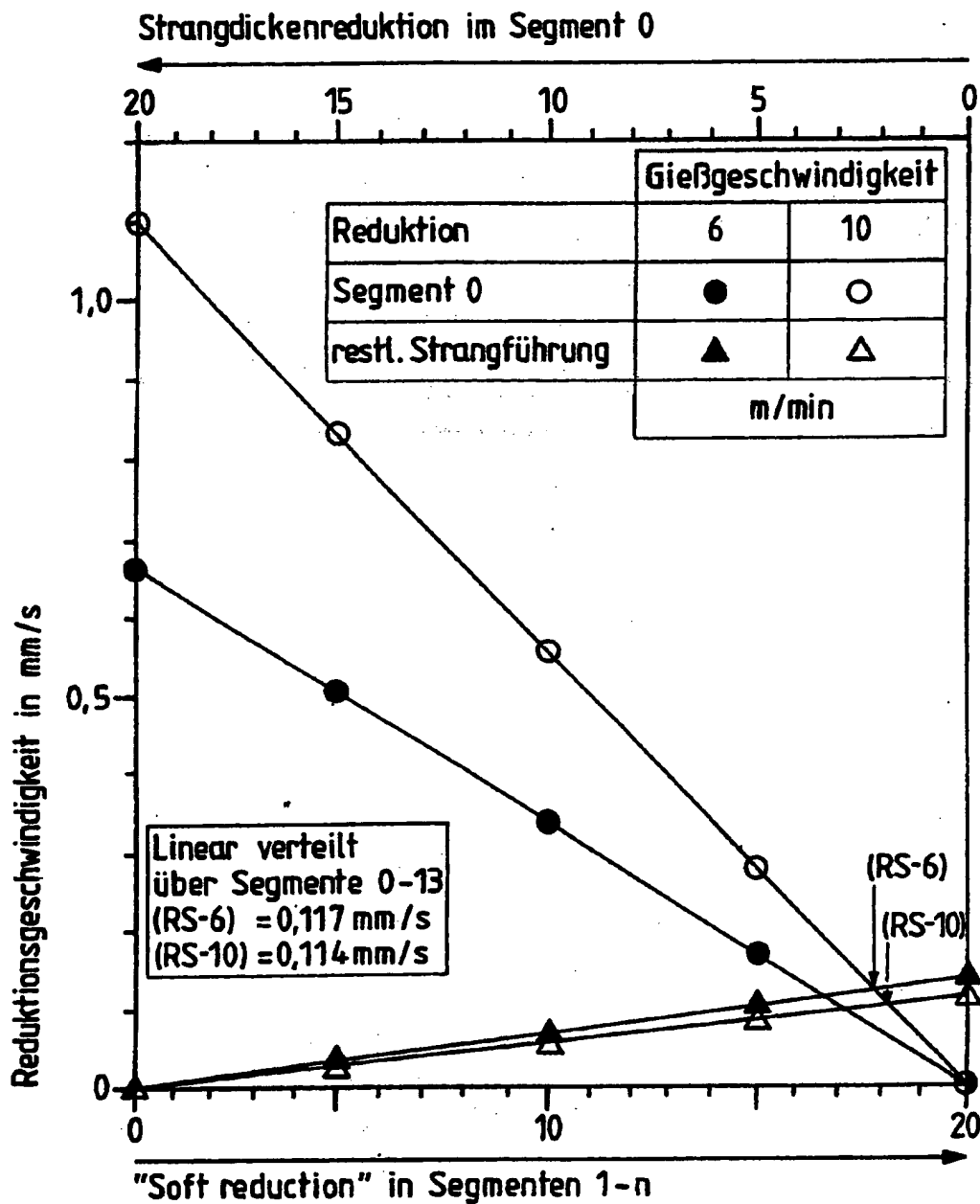


Fig. 4

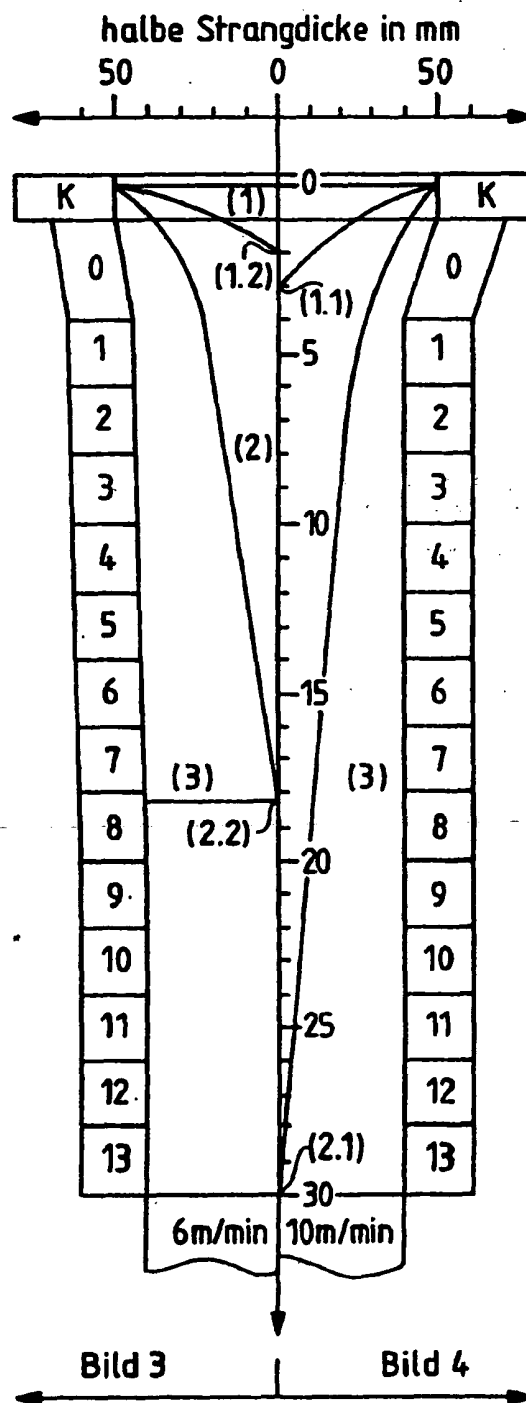
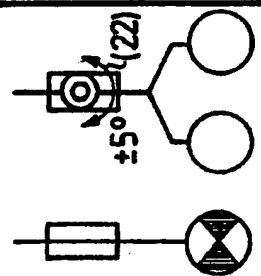






Fig. 7

Schematische Darstellung der Segmente 1-n

| | 2 | | |
|------|---|---|---|
| | (19) | (20) | |
| |  | | Anzahl an hydraulischen Systemen in Segment 1-n 2/3 Rollenpaare 0,66 Hydraulik-Systeme / Rollenpaar |
| (17) |  |  | 3.5.7.9... Oberrollen, kontrolliert in Position und Kraft |
| (16) |  |  | 3.5.7.9... Unterrollen, fixiert in Position |
| (15) | 1 (18) | 2 3 (21) | Anzahl an Rollenpaaren, 3.5.7.9... |
| | 1 | | Anzahl an angetriebenen Rollenpaaren, 0,33/Rollenpaare |
| | | 1 (22) | Anzahl an position- und kraftkontrollierten Rollenpaaren der Oberbahn mit Pendelmöglichkeit |
| | Segmentlänge | | |